

TARTU ÜLIKOOL
MATEMAATIKA-INFORMAATIKATEADUSKOND
Arvutiteaduse Instituut
Infotehnoloogia eriala

Marjo Toomik
LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine
Bakalaureusetöö (6 EAP)

Juhendajad: Anne VILLEMS,
Taavi DUVIN

Tartu 2014

LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine

Lühikokkuvõte:

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on luua põhjalik õppematerjal õpetajatele ja õpilastele LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamise kohta. Töö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis käsitletakse WiFi mõistet ja selle kasutusalasid. Selgitatakse traadita kohtvõrgu turvalisust ning võrgu loomist. Teises osas antakse ülevaade Edimax EW-7811UN ja NetGear WNA1100 WiFi adapterite ja neid tootvate firmade kohta. Katsetatakse adapterite ühilduvust EV3 robotiga ja roboti WiFi võrguga ühendamist. Kolmandas osas käsitletakse uurimuse käigus tekkinud tähelepanekuid ning esitatakse kaks erineva raskusastmega ülesannet, mis on seotud LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamisega.

Võttesõnad:

LEGO Mindstorms EV3, WiFi, NetGear, Edimax, robotika.

LEGO Mindstorms EV3 WiFi usage

Abstract:

The main purpose of this bachelor thesis is to create Estonian learning materials for teachers and students about the LEGO Mindstorms EV3 WiFi usage. The material consists of three chapters. The first chapter deals with the concept of WiFi and gives examples where it is used. It also explains wireless LAN security and wireless network creation. The second chapter gives the basic background of Edimax EW-7811UN and NetGear WNA1100 WiFi adapters and those producing companies. Adapters compatibility with the robot and the wireless connection between the robot and computer is also tested. The third part consists of observations and practical exercises related to the LEGO Mindstorms EV3 WiFi usage. There is one solution added to each exercise.

Keywords:

LEGO Mindstorms EV3, WiFi, NetGear, Edimax, robotics.

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Elektroonsete seadmete juhtmeta ühendus	6
1.1 WiFi tutvustus.....	6
1.2 Organisatsioon IEEE.....	7
1.2.1 IEEE 802.11 standardit toetavad seadmed	7
1.3 WiFi kasutusala	8
1.4 WiFi võrgu loomine.....	10
1.4.1 WiFi võrgu turvalisuse tagamine	13
1.4.2 WiFi võrku ühendumine.....	15
2. LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine.....	17
2.1 LEGO Mindstorms EV3	17
2.2 WiFi adapter Edimax EW-7811UN.....	18
2.2.1 Edimax EW-7811UN adapteri kasutamine EV3 robotiga.....	19
2.3 WiFi adapter NetGear WNA1100.....	22
2.3.1 NetGear WNA1100 adapteri kasutamine EV3 robotiga	24
2.3.2 EV3 roboti ühendamine arvutiga WiFi kaudu.....	29
2.3.3 Ühendusprobleemide lahendamine.....	32
3. Tähelepanekud ja ülesanded	35
3.1 EV3 WiFi ühenduvus.....	35
3.2 Energia tarbimine EV3 WiFi kasutamisel	36
3.3 Ülesanne 1 - WiFi ühenduse testimine roboti ja arvuti vahel	37
3.4 Ülesanne 2 - Pildi importimine ja kuvamine EV3 ekraanile.....	39
Kokkuvõte	44
Kasutatud kirjandus	45
Lisad	48
Lisa 1. Näidisülesannete lahenduste failid.	48
Lisa 2. Litsents.	49

Sissejuhatus

Viimastel aastatel on Eesti haridussüsteem olnud pidevas muutumises. Läbi on viidud nii kõrgharidusreform kui ka reform üldhariduskoolides. Reformide läbiviimise eesmärgi on seatud mitmeid, sealhulgas tõsta hariduse kvaliteetsust, vähendada õpetajate töökoormust, parandada hariduse kättesaadavust. Palju on spekulieritud teema üle, kas kõiki põhikooli ja gümnaasiumi õppekava aineid on tegelikkuses vajalik nii süvitsi õpetada. On ju nii mõneski välisriigis üldharidus palju pealiskaudsem ning rohkem rõhutakse kindla eriala õppimisele. Eesti üldhariduskoolide õpilasi peetakse ülekoormatuteks. Õpilaste keskendumisvõime on ülekoormuse tõttu hakanud hajuma ning õppimine muutunud mehaaniliseks. Õpilaste huvi tõstmiseks ning õpetatu kinnistamiseks on aktiivsemad Eesti õpetajad alustanud robotite kasutamist nii klassitundides kui ka ringides. Robotialase koolituse on teinud võimalikuks Kooliroboti projekt.

Kooliroboti projekt sai alguse 2007. aasta kevadel, eesmärgiga edendada inseneriteadust Eesti koolides [\[1\]](#). Projekti loomist toetas Tiigrihüppe Sihtasutus (nüüdne HITSA). Projekti raames alustati robotika kursuste korraldamist õpetajatele ning õppematerjalide koostamist lastele. Tasapisi hakati projekti toel erinevates koolides ja lasteaia vanemates rühmades robotika ringe läbi viima. Projekti käivitumine on andnud õpetajatele kindlustunde robotite kasutusele võtmiseks ka erinevate õppeainete õpetamisel.

Robotite kasutusele võtmine õppeainete õpetamisel tõstab õpilaste keskendumisvõimet. On ju aastaid lapsi õpetatud läbi mängu. Robotite kasutamine tundides sarnaneb mängulisele õpetamisele - õpilased püsivad uudishimulikud ning erksad. Samuti võimaldab roboti kasutamine tuua praktilisi näiteid, millega teoreetilist osa kinnistada. Näiteks rääkides tunnis vedeliku hāgususest, on võimalik robotit kasutades vedeliku hāgusust ka praktiliselt mõõta. Vedeliku hāgususe mõõtmiseks on olemas spetsiaalne andur, mis ühildub NXT robotiga [\[2\]](#). NXT roboti puhul on tegemist vanema põlvkonna robotiga. Käesoleval ajal on turule jõudnud uus kolmanda põlvkonna robot EV3.

LEGO Mindstorms EV3 on uus 2013 aastal LEGO poolt toodetud robot. Võrreldes EV3 robotit NXT robotiga on EV3 suur samm edasi. Robotis on väga palju uuenduslikke elemente, kuid eestikeelseid õppematerjale nende kasutamise jaoks on väga väheses koguses. Üheks uuenduseks,

võrreldes NXT 2.0 robotile, on LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine. Roboti eelkäijatel on WiFi sellisel kujul puudunud.

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks on anda panus LEGO Mindstorms EV3 kasutusele võtmisesse Eestis. Töös luuakse põhjalik õppematerjal õpetajatele ja õpilastele LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamise kohta.

Töö koosneb kolmest suuremast osast. Esimeses osas käsitletakse WiFi mõistet ja selle kasutusalasid. Uuritakse traadita kohtvõrgu turvalisust ning võrgu loomist. Teises osas antakse ülevaade Edimax EW-7811UN ja NetGear WNA1100 WiFi adapterite ja neid tootvate firmade kohta. Uuritakse adapterite ühilduvust EV3 robotiga ja roboti WiFi võrguga ühendamist. Kolmandas osas käsitletakse uurimuse käigus tekkinud tähelepanekuid. Samuti valmivad praktilised ülesanded ja ülesannete lahenduskäigud, mida võimalik rakendada EV3 robotil, kasutades WiFi adapterit.

1. Elektroonsete seadmete juhtmeta ühendus

Elektroonika seadmeid on võimalik omavahel juhtmeteta ühendada mitmel viisil. Tuntumad neist on infrapuna, sinihammas (bluetooth) ja WiFi ühendused. Tänapäeval on leidnud kõige suuremat rakendust just WiFi ühendus ning seetõttu on võetud vaatluse alla LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine. Alustuseks tuleb aga selgeks teha, mis on WiFi ning millised on selle rakendusviisid. Järgneb ülevaade WiFi ja selle kasutusvaldkondade kohta.

1.1 WiFi tutvustus

Käesolev punkt toetub allikatele [\[3\]](#) ja [\[4\]](#). WiFi on traadita arvutivõrguseadmeid tootvate firmade ühenduse *Wi-Fi Alliance* kaubamärk. Sellega tähistatakse traadita kohtvõrgu klassi kuuluvaid sertifitseeritud seadmeid, mis põhinevad IEEE 802.11 (täpsemalt punktis 1.2) standardil. Tänapäeval kasutatakse nime WiFi sageli IEEE 802.11 tehnoloogia sünonüümina, mis võib segadust tekitada, sest tegelikult on tegemist kahe erineva mõistega. Nagu eelnevalt mainitud, on WiFi puhul tegemist kaubamärgiga ja IEEE 802.11 tähistab traadita kohtvõrku. Seetõttu on väga oluline, et WiFi-st ning IEEE 802.11 standarditest õigesti aru saadakse. Tavainimestel on aga lihtsam kasutada keeruliste standardite asemel sünonüümi WiFi, mistõttu WiFi võrgust rääkides peab mõistma, et tegu on standardi 802.11 ehk juhtmevaba kohtvõrguga. Edaspidi kasutatakse ka siin töös juhtmevaba kohtvõrgu tähistamiseks erinevaid sünonüüme nagu traadita kohtvõrk ehk raadiokohtvõrk ehk WiFi ala.

IEEE 802.11 standardi loomisele on kaasa aidanud 1991. aastal firmade NCR ja AT&T poolt loodud algne traadita kohtvõrk. Esialgu oli see mõeldud ainult kassasüsteemides kasutamiseks. Sellest edasi jõuti standardite 802.11 a/b/g/n loomiseni, mille tegi teoks IEEE meeskond. Seega nüüdseks on standardist välja kujunenud populaarne tehnoloogia, mis võimaldab samaaegselt mitmel elektroonikaseadmel vahetada omavahel informatsiooni või ühenduda Internetti juhtmevabalt, kasutades raadiolaineid.

Järgmises punktis 1.2 vaadatakse lähemalt, millega tegeleb Elektri- ja Elektroonikainseneride instituut IEEE. Samuti uuritakse, millised seadmed toetavad 802.11 standardit ning kuidas inimesi selle olemasolust teavitatakse.

1.2 Organisatsioon IEEE

Antud punkt toetub allikatele [\[3\]](#) ja [\[5\]](#). IEEE on Elektri- ja Elektroonikainseneride instituut (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), mis asutati juba 1884. aastal. Tegemist on maailma suurima erialaühinguga, mis toetab ülemaailmseid tehnikakonverentse, sümposiumeid ja seminare ning avaldab ligi 25% kõigist tehnilistest artiklitest elektroonika, elektrotehnika, arvutiehituse ja arvutiteaduse alal. IEEE pakub liikmetele täiendõppe programme ja toetab standardiseerimist.

IEEE üks tähtsamatest allorganisatsioonidest on IEEE Standardite Ühing (*IEEE Standards Association*), mis tegeleb elektroonika-alaste standardite väljatöötamise ja ka arendamisega. Elektri- ja Elektroonikainseneride instituudil on rohkem kui 1300 arendatavat standardit. IEEE loodud on enamtuntud WiFi standardid nagu 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n. 802 standardi nimes näitab, et tegu on IEEE standardiga, mis tegeleb kohtvõrkudega. Osa 11 kirjeldab, et tegu on juhtmevaba kohtvõrguga ning tähed selle järel tähistavad erinevaid täiendusi - näiteks b tähendab, et tegu on juhtmevaba kohtvõrguga, mis kasutab sagedust 2,4GHz ja mille kiirus on kuni 11Mbps.

1.2.1 IEEE 802.11 standardit toetavad seadmed

Tehnoloogia areng on pidev ja üsna kiire protsess. Umbes 15 aastat tagasi, 90-ndate aastate lõpus ja 2000-ndete aastate alguses, olid WiFi ja WiFi tehnoloogiat toetavad seadmed tavainimeste jaoks veel üsna tundmatud. Käesoleval ajal aga on juba nii noorukite kui ka suures osas eakate inimeste jaoks tavapärane, et Internet on peaaegu alati käepärast ning seda ilma juhtmeteta - WiFi kaudu. Praegusel ajastul kasutab valdav osa Internetikasutajaid just WiFi ühendust. WiFi võrku ehk traadita kohtvõrku saavad ühenduda kõik seadmed, mis vastavad IEEE 802.11 standardile. Tihti näitab seadme vastavust IEEE 802.11 standardile WiFi logo (vt. joonist 1).



Joonis 1. WiFi Alliance poolt kasutatud WiFi logo [\[6\]](#).

Selle märgistuse olemasolul on kliendile kohe, ilma põhjalikuma uurimiseta, teada, et seade toetab WiFi ühendust. Samas, kui tootel puudub WiFi logo, siis ei tähenda see automaatselt, et ta ei baseeru IEEE 802.11 standardil. Selleks, et tootel oleks WiFi logo, peab tootja 802.11 standardil põhineva toote esitama sertifitseerimiseks mittetulundusühingule *Wi-Fi Alliance*. *Wi-Fi Alliance* ehk Wi-Fi liit on ülemaailmne mittetulundusühing firmadest, kes arendavad traadita kohtvõrgu tehnoloogiaid ja sertifitseerivad seadmeid juhul, kui nad vastavad teatud võrgustandarditele [3]. Sertifitseerimine on tasuline. Seega, kui tootel puudub WiFi märgistus, aga ta siiski põhineb IEEE 802.11 standardil, siis lihtsalt on tootja otsustanud oma seadet sertifitseerimisele mitte esitada.

Käesoleval ajal toetavad IEEE 802.11 standardit peaaegu kõik sülearvutid, pihuarvutid ja nutitelefonid, samuti paljud personaalarvutid, mängukonsoolid ning printerid.

Käesolevas punktis vaadati, millised seadmed on võimelised WiFi võrku ühenduma. Edasi uuritakse, millised on WiFi kasutusala.

1.3 WiFi kasutusala

WiFi standardi väljatöötamisel oli see küll mõeldud ainult kassasüsteemides kasutamiseks, kuid nüüdseks on standardile välja kujunenud üsna lai kasutusvaldkond, mis järjepidevalt uusi rakendusi leiab. Kõige tavapärasemaks kasutusvaldkonnaks on hetkel juhtmevabalt Internetti ühendumine.

Juhtmevaba Internet ehk WiFi on inimeste jaoks ilmselt juba sama tavaline kui elektri olemasolu. Eriti kuulus on selle poolest just Eesti. Nii mõneski välisriigis, näiteks Saksamaal, on anonüümselt ligipääsetava WiFi leviala loomine karistatav [7]. Eestis aga on täiesti tavaline, et kaubanduskeskustes, kohvikutes, parkides, koolides, haiglates ja muudes asutustes on avalik WiFi leviala, mille kasutamiseks ei pea kasutaja end autentima. WiFi leviala märgistab spetsiaalne silt (vt. joonist 2) või kleebis, et kasutajaid leviala olemasolust informeerida.



Joonis 2. Traadita Interneti leviala märgistus Eestis [\[8\]](#).

Kokku on (seisuga 13.05.2014) Eestis 1006 avalikuks kasutamiseks mõeldud WiFi leviala 45000 km² kohta. Mõned neist on küll tasulised, kuid enamik siiski tasuta kasutatavad [\[9\]](#). Tänu WiFi olemasolule on meil võimalik ühenduda Internetti oma nutitelefonide, sülearvutite, tahvelarvutite, digitaalsete muusikamängijate või kasvõi tänapäeval populaarsust kogunud e-luguritega peaaegu kõikjal.

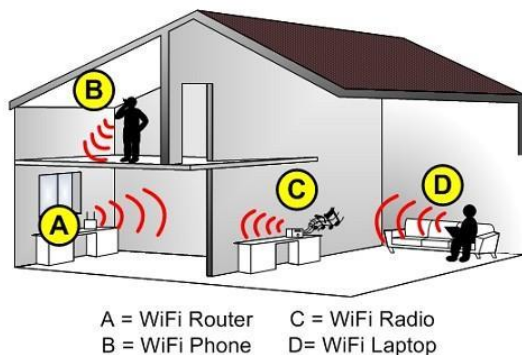
Traadita kohtvõrk võimaldab peale Internetti ühendumise ka erinevate seadmete andmevahetust. Kõige lihtsam näide on muidugi arvutite omavaheline andmete vahetus. WiFi ühendus võimaldab kiiresti videod, pildid, dokumendid või muud failid ühest arvutist teise transportida.

Alati ei pruugi omavahel ühenduses olla ainult arvutid. WiFi võimaldab ka erinevatel teistel seadmetel omavahelist suhtlust luua. Näiteks on väga lihtne saata WiFi adapteriga varustatud digifotoaparaadist pildid otse arvutisse, ilma, et peaks selleks kasutama USB kaablit või mälukaarti fotoaparaadist välja võtma ja arvutisse sisestama. Sama kehtib mobiiltelefonide ja arvutite omavahelise andmevahetuse kohta.

Populaarsust koguvad ka WiFi adapteriga varustatud printerid, mis võimaldavad dokumente läbi traadita kohtvõrgu printima saata. Piisab ainult ühest printerist maja peale ning kõik arvutid ja nutitelefonid, millel on olemas WiFi adapter, võivad oma dokumendid, seni kuni paiknevad printeriga samas WiFi levialas, printima saata.

Mänguritele pakub WiFi võimalust mitme arvutiga võrgus mängimiseks, ilma, et peaks kaableid kasutama [\[3\]](#).

Vaadates joonist 3 näeme, et ühes esmapilgul täiesti tavaliste seadmetega majapidamises võib olla palju seadmeid, millel on WiFi valmidus ning mis võivad omavahel suhelda.



Joonis 3. WiFi't kasutavad seadmed majapidamises [\[10\]](#).

A = WiFi ruuter C = WiFi raadio
B = WiFi telefon D = WiFi sülearvuti

On üsna selge, et WiFi kasutuselevõtt on muutnud inimkonna elu märkimisväärselt ja võib arvata, et selle areng pole veel peatunud.

Siin punktis uuriti, milliseid rakendusvõimalusi WiFi pakub, nüüd aga vaadatakse edasi, kuidas kodus juhtmevaba kohtvõrku ehitada.

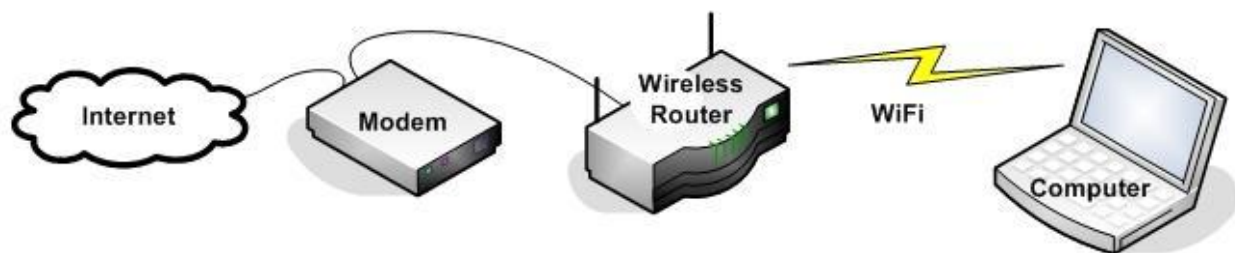
1.4 WiFi võrgu loomine

Oma kasutusmugavuse tõttu on tänapäeval üsna tavapäraseks muutunud koduse traadita kohtvõrgu ehitamine. WiFi laialdase kasutamise tõttu on see ka tavakliendile lihtsasti teostatavaks tehtud. WiFi võrgu ehitamiseks on vajalik riistvara, mis koosneb saatjast, mis kiirgab raadiosignaali ja võtab vastu ühenduse soove vastavas levipiirkonnas olevatelt WiFi-ühendusvõimelistelt seadmetelt [\[3\]](#). Raadiokohtvõrgu klient saadab seadmele ühendamissoovi ja saab saatjalt sellekohase vastuse. Olenevalt sellest, missuguse Interneti pakkuja klient ollakse, oleneb ka milliste võimalustega seadmeid vajatakse. Erinevate elektroonikaseadmete kasutus tuleneb sellest, et erinevad teenusepakkujad kasutavad teenuse edastamiseks tihtipeale erinevaid tehnoloogiaid. Kasutatavad seadmed peavad vastama kasutatavale tehnoloogiale.

Kaks enamlevinud Interneti lahendust kodudes:

- Internet läbi telefonikaabli.
- Netipulk ehk mobiilne Internet.

Olukorras, kus Internet tuleb läbi telefonikaabli ning on olemas modem, mis on arvutiga ühendatud võrgukaabli abil, tuleb WiFi võrgu loomiseks osta juurde ruuter, mis Interneti laiali jagab. Traadita kohtvõrgu loomiseks tuleb ruuter seadistada ning võrgukaabli abil modemiga ühendada. Sellega on loodud traadita kohtvõrk, kuhu erinevatel IEEE 802.11 standardit toetavatel seadmetel näiteks sülearvutil on võimalik ühenduda. WiFi adapteri olemasolul pole kaabelühendus modemi ja arvuti vahel enam vajalik (vt. joonist 4).



Joonis 4. Tavapärane kodune WiFi võrgu ehitus: Internet - modem - ruuter - WiFi - WiFi't kasutav arvuti [11].

Joonisel on hästi näha, kuidas väheste vahenditega luuakse juhtmevaba Internetiühendus ehk WiFi, mida on hea rüperaaliga kasutada.

Teine võimalus WiFi võrk ehitada on netipulga kasutamine. Netipulga puhul on tegemist mobiilse Internetiga. See tähendab, et netipulka sisestatakse mobiilside teenusepakkuja SIM-kaart, mis võimaldab Interneti kasutada kõikjal, kus on vastava teenusepakkuja mobiilside leviala. Traadita kohtvõrgu loomiseks netipulga puhul, tuleb kliendil soetada vastav mobiilse Interneti jagamiseks mõeldud ruuter. Ruuteri külge tulebki ühendada netipulk. Interneti jagamiseks kasutatav ruuter tuleb samuti seadistada, kas siis automaatselt kaasasoleva cd-plaadi abil või manuaalselt arvutis.

Tänapäeval tellitakse teenusepakkujalt üsna tihti Internetiühendus koos digitelevisiooniga. Olukorras, kus tegemist on ainult Internetiühendusega, on kasutajal võimalik ise WiFi võrgu

ehitamiseks vajalikud seadmed elektroonika poest valida. Tellides teenusepakkujalt aga digiteleviseiooni koos Internetiühendusega, võib tekkida situatsioon, kus vastavad seadmed tuleb osta või rentida teenusepakkujalt ning teiste tootjate seadmetega neid asendada pole võimalik. Näiteks tellides tänapäeval populaarsust kogunud Elioni nutiTV koos Internetiühendusega, siis omavahel ühilduvad vaid Elioni poolt pakutud, just vastava teenuse jaoks mõeldud digiboks ja ruuter. Jooniselt 5 on näha uusimat Elioni nutiTV jaoks kasutatavat ruuterit Inteno DG301.



Joonis 5. Elioni Internetiühenduse ja nutiTV ühine Ruuter Inteno DG301 [\[12\]](#).

Tegemist on uue põlvkonna ruuteriga, mis võimaldab ka uuenenud teenusepakkumist. Antud ruuter sobib ka kasutamiseks koos vanemate Elioni digiboksidega.

Alati ei ole meil aga käepärast elektrit, näiteks metsas, aga ometi oleks tarvis sülearvutiga Interneti minna. Sellisel juhul ulatab abikäe nutitelefon (vt. joonist 6).



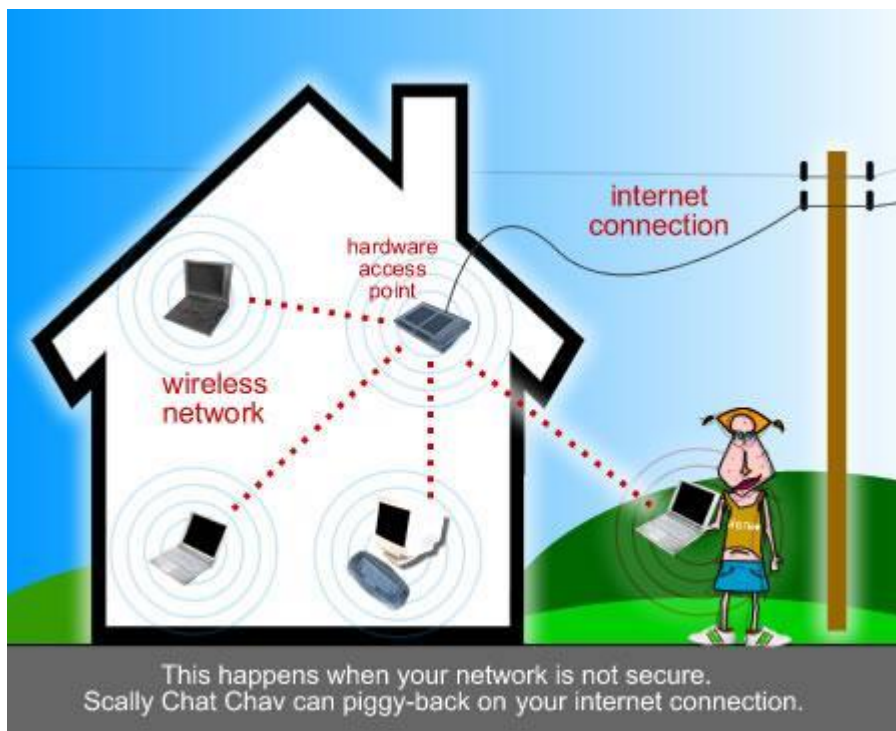
Joonis 6. Nutitelefon jagab oma mobiilset Interneti tekitades WiFi leviala, mida saavad kasutada teised seadmed [\[13\]](#).

Suurem osa tänapäeva nutitelefone võimaldab oma mobiilset Internetti laiali jagada ehk tekitada WiFi leviala. Seega, kui seadmed on võimelised töötama akudel, on võimalik WiFi võrk püsti panna igal pool, kus on olemas nutitelefoni ja mobiili levi. Nagu nägime jooniselt 6, siis nutitelefoni poolt jagatud WiFi on samamoodi kõikidele WiFi seadmetele kasutatav nagu kodune traadita kohtvõrk.

Olles püsti pannud oma isikliku WiFi võrgu, tuleks tähelepanu pöörata ka turvalisusele. Järgnevalt vaadatakse, kuidas oma traadita kohtvõrku kasutada nii, et võimalus pahategija ohvriks langeda oleks väike.

1.4.1 WiFi võrgu turvalisuse tagamine

WiFi teeb meie elu küll paljudest aspektidest vaadelduna lihtsamaks, kuid siiski nagu iga hea asjaga, kaasneb ka sellega miinuseid. Nimelt, kuna traadita kohtvõrgu puhul on tegemist raadiolainetega, siis on pahategijatel seda palju kergem rünnata kui seda oli kaabelühenduse puhul (vt. joonist 7).



Joonis 7. Turvamata WiFi võrgul on oht sattuda pahategijate ohvriks [\[14\]](#).

Nagu jooniselt 7 on näha, siis WiFi võrgu puhul ei pruugi pahategijat üldse märgata, sest kui võrk levib hoonest välja, võib pahategija olla ükskõik milline mööduja. Järgnevalt tuuakse välja mõned lihtsamad võimalused, tuginedes allikatel [\[15\]](#) ja [\[16\]](#), kuidas enda võrku turvalisemaks muuta.

Esimeseks pidepunktiks on võrgu nimi (SSID). Tegu on identifikaatoriga, mida WiFi tugijaam saadab välja andmaks teada, et selline võrk eksisteerib. On kaks võimalust, kuidas võrgunime puhul saame enda võrku kaitsta. Esimeseks võimaluseks on SSID väljahõikamine ruuteril või tugijaamal ära keelata. Sellega võib kaasneda olukord, kus mõni elektroonikaseade, millega üritatakse WiFi võrku ühenduda, keeldub peidetud võrguga ühendumast. Teine võimalus on võrgunimi ära muuta. Algselt võib SSID välja näha näiteks TP-LINK_C56F49. Sellisest nimest on väga lihtne välja lugeda, et kasutatakse TP-LINK ruuterit. Mõistlikum on valida nimi, mis ei viita seadme tüübile, interneti teenusepakujale ega omaniku persoonile nt. “*KollaneMurakas*”, eeldusel, et inimese nimi pole seotud sõnaga kollane ega murakas. Mida ilmetum võrgu nimi, seda vähem on võimalikul pahategijal informatsiooni võrgu päritolu, seadmete ja teenuste kohta ning seda keerulisem on võrku kaaperdada.

Teiseks pidepunktiks on võrgu krüpteering ehk tehnoloogia, mis krüpteerib arvuti ja ruuteri vahelise andmeside nii, et seda poleks võimalik kergesti pealt kuulata. Tihtipeale on vaikimisi võrgu krüpteerimismeetodiks valitud WEP (*Wired Equivalent Privacy*). WEP on IEEE 802.11 andmeturbe protokoll traadita võrkudele. Tänapäeval võib aga öelda, et see krüpteeringumeetod kasutajaid enam ei kaitse ning selle kasutamine on enam-vähem võrdne sellega, et krüpteeringut üldse ei kasutata. WEP andmeturbe protokollil esineb palju turvaauke, mille pahategijad on kiirelt üles leidnud. Internetis levib väga palju vabavaralist tarkvara, mille ülesandeks on antud protokolle muukimine. WEP-i lahtimurdmine võib pahategija jaoks võtta aega kahest minutist paari tunnini. Turvalisem on kasutada WPA (andmeturbe protokoll Wi-Fi liidult IEEE 802.11 standardile vastavatele raadiokohtvõrkudele) või WPA2 (traadita kohtvõrgu standardile IEEE 802.11i vastav andmeturbeprotokoll) turvaprotokolle, mis kasutab senisest tugevama algoritmiga krüpteerimist ning mille lahtimurdmine on seetõttu tunduvalt keerulisem. Valida tuleb ka krüpteerimisvõti, mille valikul kehtib jällegi põhimõte, mida keerulisem ja pikem, seda turvalisem on võrk. Võtme pikkus peab olema vahemikus 8 kuni 63 tähemärki [\[17\]](#). Soovitav on valida vähemalt 20-kohaline võti.

Kolmandaks pidepunktiks on ruuteri salasõna. Mitte kunagi ei tohiks ruuterit jätta salasõnata või siis kasutada vaikimisi olemasolevat salasõna. Salasõna valikul tuleb taaskord meeles pidada, et mida keerulisem ning mida väiksem on seos võrgu omaniku isikuga, seda turvalisem on võrk.

Järgides neid kolme põhilisemat punkti, siis on esmane turvalisus kodusele võrgule antud ning iga pahategija sinna tõenäoliselt sisse ei murra. Abiks on ka see, kui aeg-ajalt võrgu nime, krüpteerimisvõtit ning ruuteri salasõna vahetada, siis tuleb pahategijatel oma koodide lahti murdmist uuesti alustada, mis tähendab, et nende vahepealne töö on raisku läinud.

Käesolevas punktis selgitati kolme põhilist võimalust, kuidas oma WiFi võrku turvalisemaks muuta ning mida on võimalik teostada enamike ruuterite puhul. Kui ruuteril neid võimalusi pole võimalik kasutada, tuleks antud ruuter vahetada välja uuema mudeli vastu. Ruuterite puhul kehtib üldjuhul ka lause: mida kallim riistvara, seda rohkem võimalusi oma WiFi võrku turvata.

Olles võrgu turvalisemaks muutnud, võib asuda seadmete võrku ühendamise juurde. Edasi vaadataksegi, kuidas erinevaid seadmeid traadita kohtvõrku ühendada, kui võrk on olemas.

1.4.2 WiFi võrku ühendumine

Traadita kohtvõrgu olemasolu ei tähenda seda, et soovitud WiFi seade on automaatselt võrku ühendatud. Tavaliselt tuleb see elektroonikaseade ise traadita kohtvõrku ühendada.

Alustuseks tuleb seadmel WiFi adapter sisse lülitada, et ta oleks võimeline WiFi signaali leidma ja sellega ühenduma. Mobiiltelefonil on võimalik seda sisse ja välja lülitada telefoni seadetest. Vahel, näiteks mõningatel sülearvutitel, võib selle jaoks olla ka eraldi nupp, mis tuleb aktiveerida (vt. joonist 8).



Joonis 8. WiFi sisse-välja lülitamisnupp [\[18\]](#).

Joonisel oleval sülearvutil on WiFi adapteri sisse ja välja lülitamise jaoks liugnupp. Olenevalt sülearvutist võib selle asemel aga olla nii puudetundlik nupp, vajutatav klahv või tarkvaraline nupp. Funktsioon on neil kõigil aga sama - reguleerida seadme WiFi kasutamist.

Olenevalt elektroonikaseadme sätetest võib võrku ühendumine toimuda automaatselt või siis käsitsi. Automaatse ühenduse loomisel piisab seadme WiFi adapteri sisselülitamisest ning seadeldis ühendub traadita kohtvõrgu olemasolul võrku. Kaitstud, varem kasutamata võrgu puhul küsitakse sisenemiseks parooli, mille sisestamisel ollaksegi võrguga ühendatud. Varem külastatud kaitstud võrk ei pruugi parooli küsida, kui see varasemalt seadmes salvestatud on.

Käsitsi WiFi ühenduse loomisel tuleb pärast WiFi adapteri sisselülitamist panna seadeldis traadita kohtvõrke otsima. Otsingu lõppemisel tuleb valida meelepärane WiFi võrk ja seade sellega ühendada. Vaba WiFi võrgu puhul on seadeldis nüüd valmis WiFi võrgu kasutamiseks. Kaitstud WiFi võrgu puhul tuleb jällegi sisestada WiFi parool ning alles siis on võimalik võrku kasutada. Parooli mitteteadmisel WiFi võrku kasutada ei saa.

Käesolevas peatükis vaadati, mis on WiFi ning kuidas, kus ja miks seda kasutatakse. Selgitati, mis on IEEE ja selle loodud 802.11 standardid ning toodi näiteid, kuidas turvaliselt ise kodus üks juhtmevaba kohtvõrk ehitada. Edasi uuritakse, kuidas toimub LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine.

2. LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine

Üks WiFi võrku kasutada oskav seade on LEGO Mindstorms EV3 robot. Käesolevas peatükis uuritakse, kuidas toimub LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine. Enne suundumist roboti WiFi kasutamise juurde, aga tehakse põgus ülevaade EV3 robotist.

2.1 LEGO Mindstorms EV3

LEGO Mindstorms EV3 robot on uus 2013 aastal LEGO poolt tootmisse juurutatud kolmanda põlvkonna robot [\[19\]](#). EV3 robotid jõudsid müügile 1. septembril 2013. aastal, mistõttu on hetkel veel tegemist üsna vähe levinud robotitega. Robotid on mõeldud nii koduseks kasutamiseks kui ka kasutamiseks õppeprotsessis.

EV3 robotis on väga palju uuenduslikku võrreldes tema eelkäija NXT 2.0 robotiga. Üheks uuenduslikuks aspektiks võrreldes NXT 2.0 robotiga, on EV3 võimalus kasutada WiFi võrku. Varasemalt oli WiFi kasutamiseks vaja WiFi sensorit, kuid uudsetel EV3 robotitel on olemas WiFi valmidus - WiFi võrguga ühendumiseks on vajalik robotiga ühendada WiFi adapter.

Jooniselt 9 on näha, et EV3 juhtploki küljel on olemas USB port. WiFi kasutamiseks tulebki just USB porti paigaldada WiFi adapter, mis seab EV3 roboti WiFi kasutamiseks valmis. Täpselt nii tehakse ka lauaarvutitega, millel puudub sisseehitatud WiFi adapter, kui on soov need juhtmevaba kohtvõrguga ühendada.



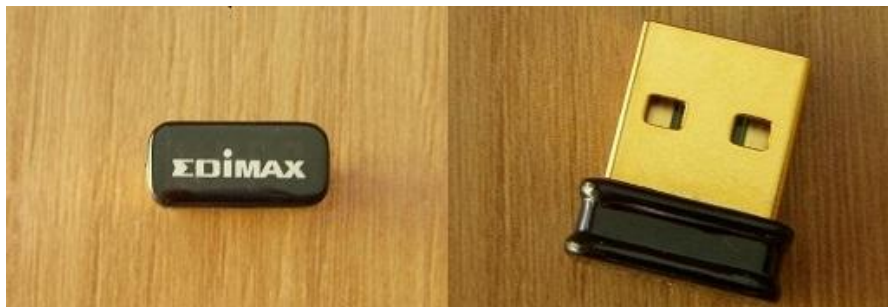
Joonis 9. EV3 juhtplokk [\[20\]](#).

Maailmas on rohkesti erinevaid firmasid, mille toodete hulka kuuluvad WiFi adapterid. Seetõttu on oluline uurida, missugused adapterid ühilduvad LEGO Mindstorms EV3 robotiga ja millised töötavad kõige paremini. Kindlasti on oluliseks aspektiks WiFi adapteri suurus ja kuju, sest mida väiksem on adapter, seda vähem ta roboti tööd segab. LEGO Mindstorms ametlikul koduleheküljel on soovitatud ainult NetGear WNA1100 adapterit [\[21\]](#). Lisaks juba mainitud NetGear-i adapterile on LEGO Mindstorms EV3 mitteametlikul koduleheküljel sobivaks nimetatud ka Edimax EW-7811UN nano adapter [\[22\]](#). Viimase kohta, aga levivad Internetis vastakad arvamused. Selguse saamiseks tuleb EV3 WiFi kasutamist proovida mõlema nimetatud adapteriga.

Antud punktis uuriti põgusalt LEGO Mindstorms EV3 robotit. Vaadeldi, mida uut on EV3 WiFi kasutamises võrreldes eelkäija NXT robotiga. Edasi uuritakse adaptereid Edimax EW-7811UN ja NetGear WNA1100.

2.2 WiFi adapter Edimax EW-7811UN

Firma Edimax Technology on pühendunud võrgulahenduste disainimisele, arendamisele, tootmisele ja turustamisele. Edimax Technology asutati 1986. aastal ning nüüdseks on firmast kasvanud üks maailma juhtivaid tootjaid võrgu ja andmeside seadmete valdkonnas [\[23\]](#). Firma Edimax Technology peakontor asub Taiwanis, Euroopa peakontor aga Hollandis. Kokku on 22 kontorit üle maailma, millest lähimad Eestile asuvad Poolas ja Venemaal [\[24\]](#). Siin kirjeldatav WiFi adapter Edimax EW-7811UN (vt. joonist 10) on aga toodetud hoopiski Tennessee osariigis Ameerika Ühendriikides.



Joonis 10. WiFi adapter Edimax EW-7811UN.

Tegemist on hetkel väikseima olemasoleva WiFi adapteriga (7.1 x 14.9 x 18.5mm), mida on võimalik kasutada laua- ja sülearvutitel juhtmevaba Internetiühenduse loomiseks [25]. Tema väikesed mõõtmed vähendavad ka riski, et adapter kogemata seadme küljest lahti väänatakse. Selline oht on näiteks robotil, sest tegemist on liikuva seadmega ning võimalus takistuse otsa sõita on suur. Adapteri väändumine võib rikkuda nii adapteri kui ka USB pordi.

Edimax EW-7811UN adapter pakub IEEE 802.11b/g/n standardile vastavat ühendust [25]. Kirjeldatud adapter töötab nii USB 1.0 kui ka USB 2.0 portides. Operatsioonisüsteemidest on toetatud uuemad Microsoft Windows 8 ja Windows 7, kui ka vanemad operatsioonisüsteemid Microsoft Windows XP ja Vista. Lisaks töötab Edimax EW-7811UN adapter ka operatsioonisüsteemidega Linux ja Mac OS.

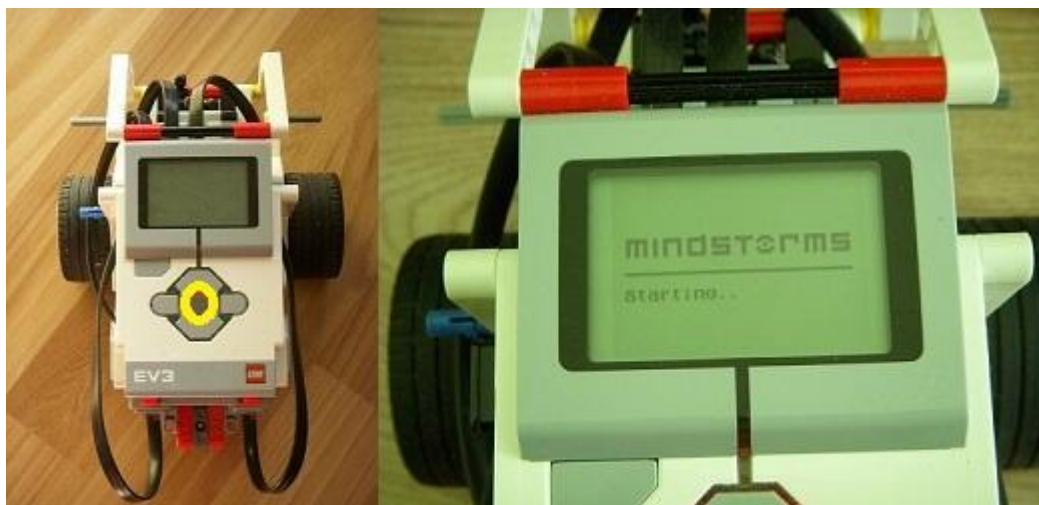
Käesolevas punktis tehti põgus ülevaade firmast Edimax Technology ja selle toodetud WiFi adapterist Edimax EW-7811UN. Edasi uuritakse, kuidas ja kas töötab Edimax EW-7811UN nano adapter LEGO Mindstorms EV3 robotiga.

2.2.1 Edimax EW-7811UN adapteri kasutamine EV3 robotiga

Katse läbiviimine Edimax EW-7811UN adapteriga on EV3 roboti kasutajate jaoks väga oluline. Seda seetõttu, et Internetis on levinud allikas [22], mis väidab, et EV3 robot toetab tõrgeteta kahte WiFi adapterit: NetGear WNA1100 ja Edimax EW-7811UN. Nende adapterite suuruste erinevus meelitab roboti kasutajaid ostma just Edimax-i nano adapterit, mis oma väikeste mõõtmete tõttu segaks vähem roboti tööd. Erinevates Interneti kommentaariumites on aga levinud arvamused, et Edimax EW-7811UN nano adapter siiski ei ühildu LEGO Mindstorms EV3 robotiga. Käesoleva katse eesmärgiks ongi selgeks teha Edimax EW-7811UN ühilduvus või mitteühilduvus EV3 robotiga.

EV3 roboti WiFi toimimise katsetamiseks Edimax EW-7811UN adapteriga, on vaja EV3 juhtplokki (vt. joonis 9), kirjeldatud WiFi adapterit (vt. joonis 10) ning WiFi leviala.

Alustuseks tuleb EV3 juhtplokk sisse lülitada, vajutades üks kord keskmist nuppu (vt. joonis 11). Siin ja edaspidi on vajalikud nupuvajutused ja pordid märgitud kollase ringiga. Vasakul pildil on tähistatud olukord enne toimingut ning paremal pärast toimingut.



Joonis 11. EV3 roboti käivitamine.

Kui juhtplokk on käivitatud, tuleb EV3 juhtploki vasakul küljel asuvasse USB porti ühendada Edimax EW-7811UN nano WiFi adapter (vt. joonis 12).



Joonis 12. Edimax EW-7811UN WiFi adapteri sisestamine EV3 juhtploki USB porti.

Edasi tuleb juhtploki menüüs liikuda seadetes. Selleks tuleb vajutada 3 korda paremat nuppu (vt. joonis 13).



Joonis 13. EV3 juhtploki menüüs seadetesse liikumine.

Jooniselt 13 on näha, et seadete valikus on olemas WiFi. Järgnevalt tulebki liikuda WiFi seadetesse. Selleks tuleb liikuda kolme nupuvajutusega alla, kuni jõutakse WiFi valikule. Seejärel tuleb vajutada 1 kord keskmist nuppu, et oma valik aktiveerida (vt. joonis 14).



Joonis 14. WiFi valimine.

Idealis peab pärast WiFi valiku aktiveerimist jõudma WiFi seadetesse, kus saab WiFi adapteri sisse lülitada ning valida, millise WiFi võrguga soovetakse ühenduda. Katses kasutatud Edimax EW-7811UN nano WiFi adapteriga on WiFi seadetesse liikumise tulemuseks veateade (vt. joonis 15).



Joonis 15. WiFi seadete valimise tulemus.

Nagu jooniselt 15 on näha, siis ei tuvasta LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk Edimax EW-7811UN WiFi adapterit. Katse tulemuses veendumiseks viidi katse läbi veel seitsmel korral. Neist kolmel korral ühendati Edimax EW-7811UN WiFi adapter LEGO Mindstorms EV3 robotiga enne roboti sisse lülitamist. Elimineerimaks võimalust, et katses kasutatud adapter võib olla vigane, kasutasime katsetes kahte Edimax EW-7811UN nano adapterit. Katse tulemus jäi kõigil kaheksal korral muutumatuks (vt. joonis 15). Tuleb tõdeda, et LEGO Mindstorms EV3 robot ei ühildu käesolevas katses kasutatud WiFi adapteriga.

Uuriti, kuidas ja kas töötab Edimax EW-7811UN nano adapter LEGO Mindstorms EV3 robotiga. Edasi tehakse ülevaade WiFi adapterist NetGear WNA1100.

2.3 WiFi adapter NetGear WNA1100

Firma NetGear, tegeleb erinevate võrguseadmete ja meelelahutusseadmete tootmisega ning kaamerasüsteemide pakkumisega nii kodude kui firmade jaoks. NetGear on üle maailma üsna tihedalt esindatud, omades kokku 38 kontorit erinevates maailma paikades. Neist lähim Eestile asub Rootsis [\[26\]](#). Üks kontoritest asub aga ka Taiwanis, kus on toodetud ka siin kirjeldatav WiFi adapter NetGear WNA1100 (vt. joonist 16).



Joonis 16. WiFi adapter NetGear WNA1100 [\[27\]](#).

Tegemist on WiFi adapteriga, mida põhiliselt kasutatakse juhtmevaba Internetiühenduse loomiseks sellistes lauaarvutites ja sülearvutites, millel puudub sisseehitatud WiFi adapter. Joonisel 16 olev WiFi adapter on mõeldud kasutamiseks väikese ning keskmise suurusega kodudes. Adapter on oma mõõtmetelt keskmise suurusega (60.86 x 18.44 x 8.83mm) ning kerge (74g), mistõttu on seda üsna mugav USB porti ühendada. WiFi adapteril on kaasas ka adapteri dokk (vt. joonist 17), mis muudab adapteri kasutamise lauaarvutil lihtsamaks.



Joonis 17. NetGear WNA1100 WiFi adapter koos alusega [\[28\]](#).

Jooniselt 17 on näha, et tegemist on alusega, kuhu saab adapteri sisestada ning aluse saab juhtmega USB porti ühendada. Adapteri alust on hea kasutada, kui USB port asub raskesti ligipääsetavas kohas.

NetGear WNA1100 adapter pakub 2.4 GHz võimsusega IEEE 802.11 b/g/n standardile vastavat ühendust [29]. Adapter sobib kasutamiseks Intel Pentium klassi arvutitel. Kirjeldatud adapter töötab nii USB 1.1, USB 2.0 kui ka USB 3.0 portides. Operatsioonisüsteemidest on toetatud uuemad Microsoft Windows 8 ja Windows 7, kui ka vanemad operatsioonisüsteemid Microsoft Windows XP ja Vista. Toetatud on mõlemad: 32- ja 64-bitised operatsioonisüsteemid.

NetGear WNA1100 WiFi adapter töötab kõikide standardsete WiFi ruuterite ja modem/ruuteritega näiteks Belkin, Linksys, D-Link ja NETGEAR.

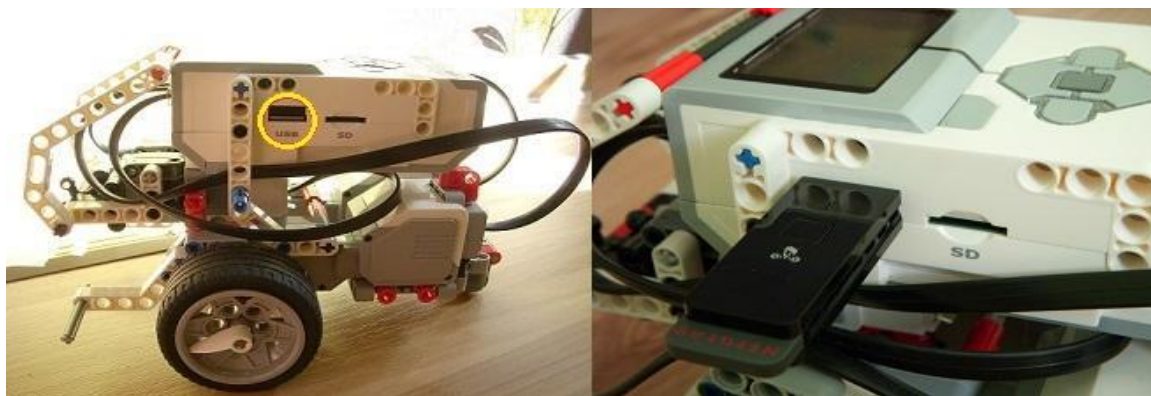
Selline oli põgus ülevaade firmast NetGear ja NetGear WNA1100 WiFi adapterist. Järgnevalt uuritakse, kuidas ja kas töötab NetGear WNA1100 WiFi adapter LEGO Mindstorms EV3 robotiga.

2.3.1 NetGear WNA1100 adapteri kasutamine EV3 robotiga

Varasemalt, punktis 2.2.1, viidi läbi katse Edimax EW-7811UN adapteriga, milles selgus, et katsetatud adapter ei ühildu LEGO Mindstorms EV3 robotiga. Järgnevalt kasutatakse WiFi ühenduse loomiseks NetGear WNA1100 adapterit (vt. joonis 16).

EV3 roboti WiFi kasutamise jaoks on vaja EV3 juhtplokki (vt. joonis 9), kirjeldatud WiFi adapterit (vt. joonis 16) ning WiFi leviala.

Taaskord lülitatakse kõigepealt EV3 juhtplokk sisse, nagu on selgitatud punktis 2.2.1. Pärast juhtplokki käivitumist tuleb ühendada EV3 juhtplokki USB porti NetGear WNA1100 WiFi adapter (vt. joonis 18).



Joonis 18. NetGear WNA1100 WiFi adapteri sisestamine EV3 juhtploki USB porti.

Järgmiseks tuleb juhtploki menüüs liikuda seadetes (vt. joonis 13), kus on olemas WiFi valik. Seadetest tuleb valida WiFi (vt. joonis 14). Pärast WiFi valiku aktiveerimist avaneb valik “None”, “Connections” ja “WiFi”. Siit tuleb taaskord valida “WiFi”, et WiFi adapter sisse lülitada. Selleks tuleb kahe nupuvajutusega liikuda alla “WiFi” valikule ning keskmise nupu vajutusega see aktiveerida (vt. joonis 19). Ajal, mil EV3 juhtplokk tegeleb WiFi adapteri sisselülitamisega, vilgub adapteri küljes sinine tuli. Tule vilkumine näitab, et adapter on tegevuses.



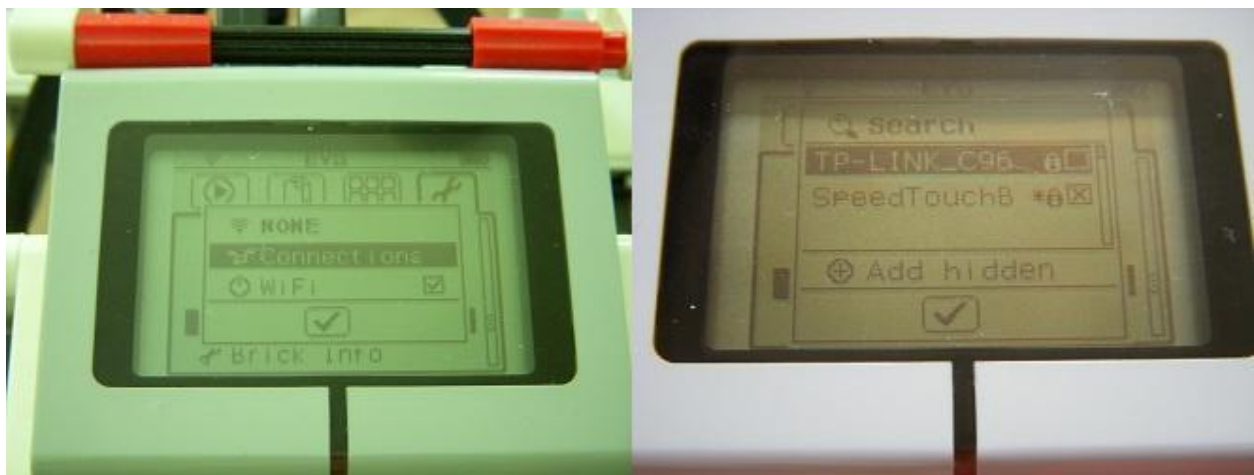
Joonis 19. WiFi seadetes WiFi aktiveerimine.

Jooniselt 19 on näha, et enne WiFi adapteri sisselülitamist, on “WiFi” valiku juures olev ruut tühi. Pärast WiFi aktiveerimist tekib ruudu sisse linnuke, mis näitab, et WiFi adapter on sisse lülitatud. Seda näitab ka ekraani üles vasakusse nurka tekkinud märk (vt. joonis 20).



Joonis 20. WiFi adapteri sisselülitatust tähistav märk.

Järgnevalt tuleb robot ühendada WiFi võrguga. See annab robotile võimaluse suhelda seadmetega, mis on ühendatud robotiga samasse traadita kohtvõrku. Kõigepealt tuleb alustada WiFi võrkude otsimist, et sealt siis valida võrk, millega ühenduda soovitakse. Piirkonnas levivate võrkude otsimiseks, tuleb liikuda ühe nupuvajutusega üles ja aktiveerida valik “Connections” ehk “Ühendused”. Nüüd alustatakse ühenduste otsimist. Võimalik, et esimesel korral ei leita ühtegi võrku. Sellises olukorras tuleb kõigepealt veenduda, et robot siiski paikneb mõne WiFi võrgu levialas. Samuti tuleb kindlaks teha, millise võimsusega soovitud traadita kohtvõrk antud piirkonnas levib. Nõrga võimsuse korral tuleks roboti asukohta vahetada. Olles veendunud, et kõik tingimused on siiski täidetud, tuleb ühenduste otsimist korrata. Otsingu lõppedes avaneb nimekiri antud punktis levivatest WiFi võrkudest. Nimekirjas võivad esineda ka võrgud, millega on varem ühenduses olnud (vt. joonis 21).



Joonis 21. Traadita kohtvõrkude otsimine.

Joonisel 21 on kuvatud otsimise käigus leitud 2 võrku. Ristiga on märgitud võrk, millega on varem ühenduses olnud, kuid mis vastavas piirkonnas ei levi. Seega on antud olukorras võimalik ühenduda vaid ühe traadita kohtvõrguga. Valitud võrguga ühenduse loomiseks tuleb liikuda vastava WiFi võrgu nime peale ning vajutada ühe korra keskmist nuppu. Avanenud valikus tuleb valida “Connect” ehk “Ühenda”. Kaitsmata võrgu korral on sellega Lego Mindstorms EV3 robot WiFi võrku ühendatud.

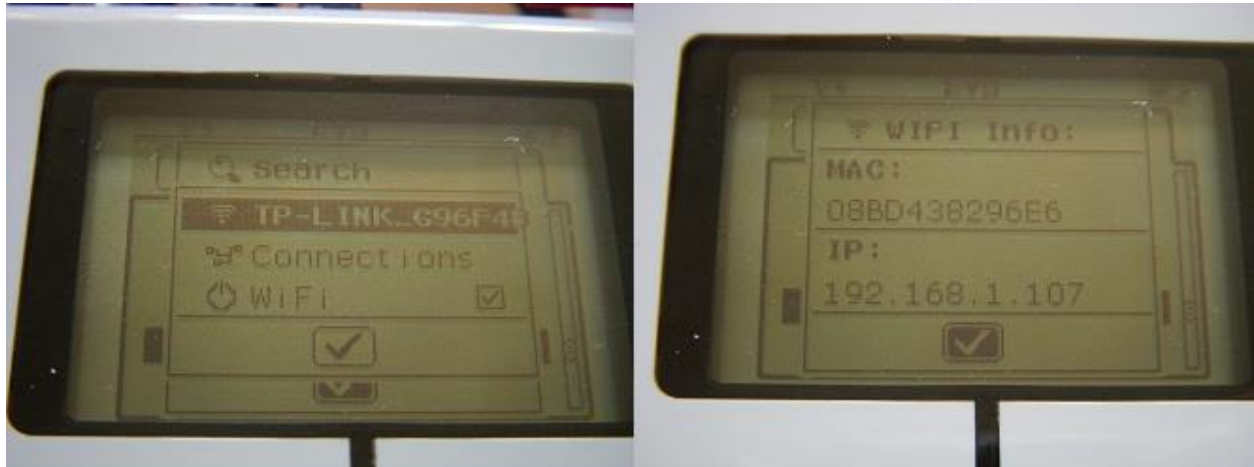
Tavaliselt on aga raadiokohtvõrk parooliga kaitstud. Kaitstud võrgu puhul avaneb pärast “Connect” valikut krüpteeringu küsimine. Valikust on turvalisuse kaalutlustel soovitatav valida “WPA2”. Avanenud lehel tuleb sisestada ühendatava WiFi võrgu parool.



Joonis 22. Krüpteeringu valimine ning parooli sisestamine.

Jooniselt 22 on näha, et parooli sisestamiseks on kuvatud miniklaviatuur. Klaviatuuril liikumiseks tuleb kasutada üles/allas/vasakule/paremale nuppe ning valiku tegemiseks keskmist nuppu. Võimalik on sisestada nii suuri kui ka väikeseid tähti ning numbreid. Parooli kinnitamiseks peab klaviatuurilt valima linnukesega klahvi. Joonisel 22 on vastav klahv värvitud mustaks. Parooli sisestamisega on WiFi võrguga ühendamine lõpule jõudnud. Seda tähistab ka ekraanile kuvatud sõnum “Connected” ehk “Ühendatud”. Juhtmeta kohtvõrguga ühendatud olekut märgib vastava võrgu nime juurde tekkinud linnuke ning joonisel 20 kujutatud märgi kõrvale tekkinud kaks vastassuunalist noolt.

Enne WiFi võrguga ühendamist oli WiFi seadetes 3 valikut: “None”, “Connections” ja “WiFi” (vt. joonis 21). Pärast ühenduse loomist on “None” asendunud ühendatud võrgu nimega. Sealt on võimalik näha informatsiooni WiFi ühenduse kohta (vt. joonis 23).



Joonis 23. Võrgu informatsioon.

Vaadates joonist 23, on näha, et ühenduse kohta kuvatakse MAC-aadress ja IP-aadress. MAC-aadress ühtib NetGear WNA1100 adapterile trükitud aadressiga.

WiFi ühenduse katkestamiseks on mitu võimalust. Olukorras, kus pärast ühenduse katkestamist ei ole soovi robotiga rohkem tööd teha, võib roboti lihtsalt välja lülitada. Pärast roboti väljalülitamist katkeb ka ühendus WiFi võrguga. Roboti taaskäivitamisel ühendus WiFi võrguga puudub ja adapter on välja lülitatud.

Olukorras, kus robotiga on soov edasi töötada ka pärast WiFi ühenduse katkestamist, tuleb taas liikuda WiFi seadetes. Seadetes tuleb liikuda alla WiFi valikule ning sellega WiFi adapter välja lülitada (vt. joonis 24).



Joonis 24. WiFi adapteri välja lülitamine.

Jooniselt 24 on näha, et pärast adapteri väljalülitamist kaob WiFi valiku juurest linnuke. Samuti asendub võrgu nimi sõnaga “NONE”. See näitab, et robot ei ole ühegi võrguga ühendatud.

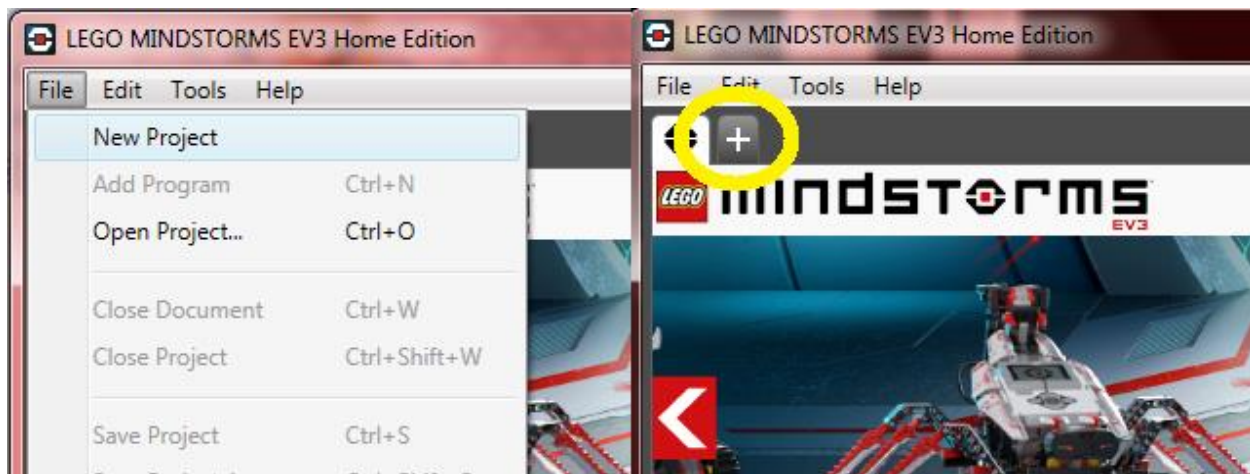
Käesolevas punktis uuriti, kuidas kasutada NetGear WNA1100 WiFi adapterit. Järgnevalt uuritakse, kuidas EV3 robotit arvutiga ühendada.

2.3.2 EV3 roboti ühendamine arvutiga WiFi kaudu

Pärast roboti ühendamist traadita kohtvõrku on LEGO Mindstorms EV3 robotil võimalik vahetada andmeid samasse WiFi võrku ühendatud arvutiga. EV3 roboti jaoks on olemas spetsiaalsed tarkvarad “*LEGO Mindstorms EV3 Home Edition*” ja “*LEGO Mindstorms Education EV3 Software*”, millega on võimalik roboti jaoks programme kirjutada, hallata ning neid otse arvutist robotile saata. See on justkui roboti juhtimiskeskus. Siin töös kasutatakse “*LEGO Mindstorms EV3 Home Edition*” tarkvara.

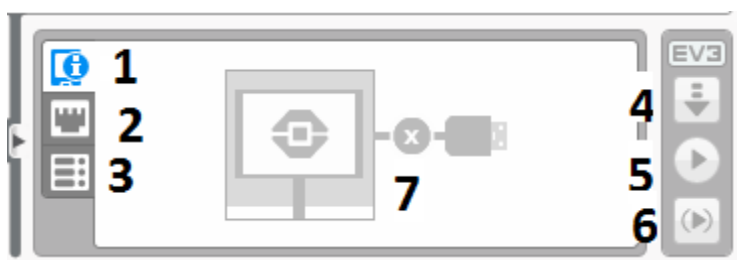
Selleks, et robotil oleks võimalik arvutiga suhelda, tuleb kõigepealt robot ühendada WiFi võrku nagu oli selgitatud eelnenud punktis 2.3.1. Järgnevalt tuleb avada arvutisse installeeritud tarkvara “*LEGO Mindstorms EV3 Home Edition*”. See tarkvara on tasuta kättesaadav LEGO Mindstorms EV3 roboti ametlikult leheküljelt [\[30\]](#).

Seejärel tuleb avada uus projekt, valides “File” -> “New Project” või vajutades nupule “Add Project” ehk “Lisa Projekt” (vt. joonis 25).



Joonis 25. Kaks võimalust uue projekti avamiseks.

Avanenud aknas on võimalik alustada programmi kirjutamist. Samuti on võimalik näha informatsiooni roboti kohta (vt. joonis 26). Selleks aga peab robot olema arvutiga ühendatud..

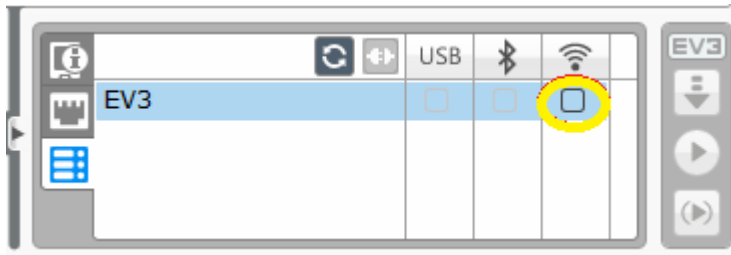


Joonis 26. Roboti juhtimisplukk.

- 1 - Informatsioon EV3 juhtploki kohta.
- 2 - Informatsioon portide kohta.
- 3 - Nimekiri hetkel võrgus kättesaadavatest juhtplokkidest.
- 4 - Programmi allalaadimine roboti juhtplokki.
- 5 - Programmi allalaadimine ja käivitamine.
- 6 - Kindla programmi osa käivitamine.
- 7 - Ühtegi roboti juhtplokki pole ühendatud.

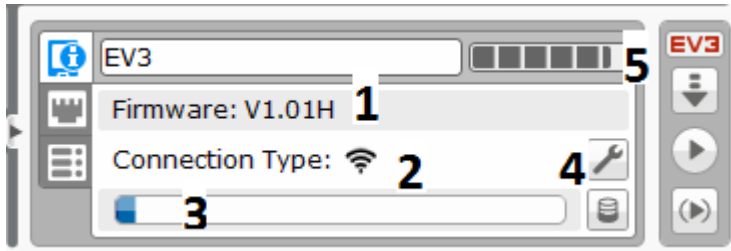
Jooniselt 26 on näha, et hetkel ei ole ükski robot arvutiga ühendatud. Seetõttu ei ole siin ka roboti kohta mingisugust informatsiooni kuvatud. Roboti ühendamiseks tuleb kõige pealt vajutada nupule “*Available Bricks*”. Joonisel 26 on see märgitud numbriga 3. Avanenud aknas on loetelu

hetkel võrgus olemasolevatest EV3 robotitest (vt. joonis 27). Kui loetelus ei ole ühtegi robotit, tuleb vajutada “Refresh” ehk “Värskenda” nuppu. Nii hakkab arvuti võrgust roboteid otsima.



Joonis 27. Võrgus olemasolevad robotid.

Jooniselt 27 on näha, et robotit on arvutiga võimalik ühendada kolmel viisil: USB ühendus, bluetooth ühendus ja WiFi ühendus. Kuna roboti ja arvuti vahele ei ole ühendatud USB kaablit ning ka bluetooth ühendus on EV3 juhtplokis aktiveerimata, siis on võimaldatud ainult WiFi ühendus. Ühenduse loomiseks tuleb WiFi ühenduse juures olevale kastile vajutada (vt. joonis 27). Sellega on ühendus roboti ja arvuti vahel loodud. Vaadates taas informatsiooni EV3 juhtplokki kohta, on näha, et informatsioon on kuvatud (vt. joonis 28).



Joonis 28. Informatsioon ühendatud juhtplokki kohta.

- 1 - juhtplokis oleva tarkvara versioon.
- 2 - ühenduse tüüp.
- 3 - mälu kasutus.
- 4 - WiFi sätted.
- 5 - aku maht.

Pärast ühenduse loomist arvuti ja roboti vahel, on hea arvutis programmid valmis kirjutada ning neid otse arvutist robotisse saata ja käivitada. Seda kõike saab arvutis teha ning samas hoida silma peal ka näiteks roboti aku tühjenemisel (vt. joonis 28). Käesolevas punktis uuriti, kuidas luua

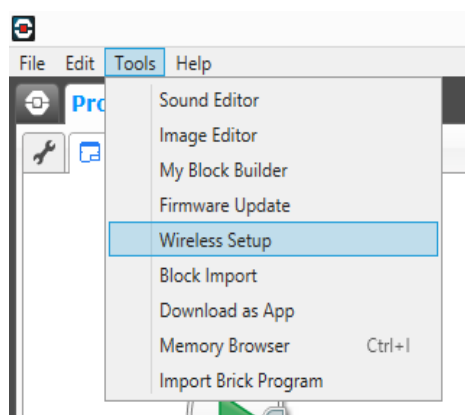
ühendus roboti ja arvuti vahel, kasutades WiFi adapterit. Edasi tegeletakse võimalike ühendusprobleemidega.

2.3.3 Ühendusprobleemide lahendamine.

Eelnevas punktis kirjeldati, kuidas luua ühendust arvuti ja EV3 roboti vahel, kasutades NetGear WNA1100 WiFi adapterit. Edukaks ühendamiseks peab *“LEGO Mindstorms EV3 Home Edition”* tarkvaras olema kuvatud ühendatav robot ning ühenduste valikute hulgas WiFi valik (vt. joonis 27).

Mõnikord võib tekkida olukord, kus roboti ühendamine WiFi võrku oli edukas, kuid arvutis olev tarkvara ei tuvasta võrgus olevat robotit. Sellises olukorras tuleb kõige pealt veenduda, et robot ja arvuti on ühendatud samasse traadita kohtvõrku. Kui mõlemad seadmed on korrektselt ühendatud, siis tuleb robotis WiFi ühendus katkestada (vt. punkti 2.3.1). Pärast WiFi ühenduse katkestamist on soovitatav robot taaskäivitada.

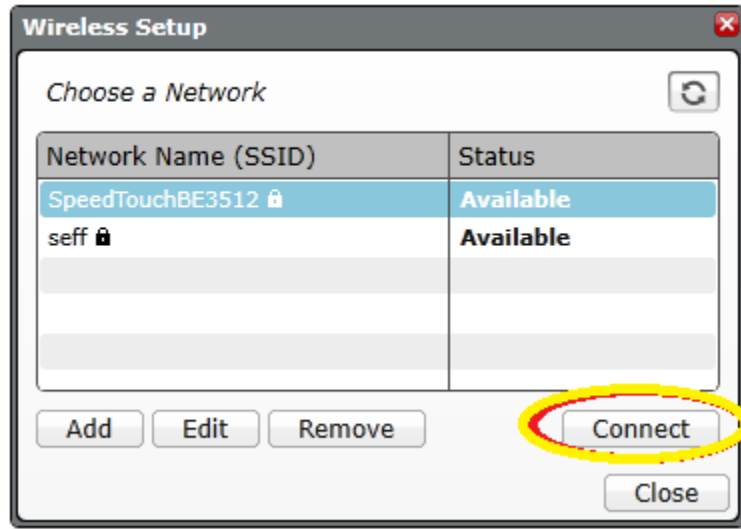
Järgnevalt tuleb kasutusele võtta LEGO Mindstorms komplektiga kaasasolev USB kaabel ning robot sellega arvuti külge ühendada. Nüüd kuvatakse arvutis EV3 tarkvaras EV3 robot ning võimaldatakse USB ühendus. Alustuseks tulebki luua ühendus USB kaabli kaudu. Järgnevalt tuleb *“LEGO Mindstorms EV3 Home Edition”* tarkvaras avada WiFi seaded. Selleks tuleb liikuda *“Tools”* menüüsse ning sealt valida *“Wireless Setup”* (vt. joonis 29).



Joonis 29. WiFi sätete valimine “Tools” menüüst.

WiFi sätetesse saab liikuda ka *“Wireless Setup”* nupu kaudu, mis asub juhtploki informatsiooni juures. Joonisel 28 on see nupp märgitud numbriga 4.

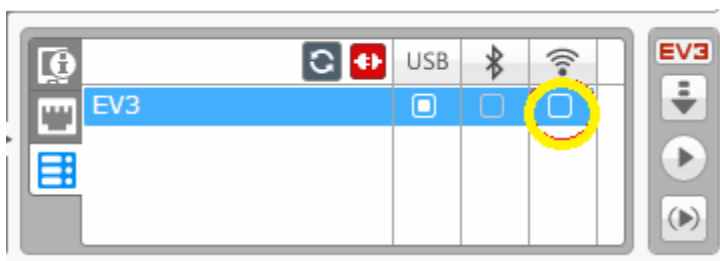
Avanenud aknas alustatakse traadita kohtvõrkude otsimist. Seejärel kuvatakse piirkonnas levivad WiFi võrgud. Nimekirjast tuleb valida sama võrk, millega on ühendatud arvuti ning vajutada nupule “Connect” ehk “Ühenda” (vt. joonis 30).



Joonis 30. Traadita kohtvõrguga ühendamine.

Olukorras, kus tegemist on turvatud võrguga, avaneb pärast joonisel 30 kuvatud toimingut uus aken. Avanenud aknasse tuleb kirjutada WiFi võrgu parool. Korrektse parooli korral on ühendus roboti ja WiFi võrgu vahel loodud. Sellega on toimingud WiFi sätete aknas lõppenud ning akna võib sulgeda.

Järgnevalt tuleb liikuda ekraani paremasse alla nurka, kus on kuvatud informatsioon roboti kohta. Sealt tuleb valida “Available Bricks” ehk “Kättesaadavad juhtplokid”. On näha, et lisaks USB ühendusele on võimaldatud ka WiFi ühendus (vt. joonis 31).



Joonis 31. Võimaldatud ühendusviisid.

Järgnevalt tuleb aktiveerida USB ühenduse asemel WiFi ühendus. Sellega on ühendus roboti ja arvuti vahel läbi traadita kohtvõrgu loodud. USB kaabel roboti ja arvuti vahel pole enam vajalik ning selle võib eemaldada.

Käesolevas peatükis uuriti, kuidas toimub LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine. Tehti ülevaade LEGO Mindstorms EV3 robotist ja kahest erinevast WiFi adapterist ning neid tootvatest firmadest. Selgitati põhjalikult, millist WiFi adapterit tuleks EV3 roboti puhul kasutada ja kuidas traadita kohtvõrguga ühenduda. Järgnevas peatükis on esitatud mõned tähelepanekud ja ülesanded, mis on seotud LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamisega.

3. Tähelepanekud ja ülesanded

Käesolevas peatükis on esitatud mõningad tähelepanekud LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamise kohta. Esitatud on ka mõned ülesanded, mida on võimalik kirjeldatud roboti ja WiFi adapteriga täita. Iga ülesande juurde on lisatud raskusaste, eesmärk, ülesande täitmiseks vajalikud vahendid, ülesande püstitus ja üks lahendusviis. Samuti on välja toodud lahendamise ajal tekkida võivad probleemid.

3.1 EV3 WiFi ühenduvus

LEGO Mindstorms EV3 robotil võimaldatud WiFi kasutamine on uudne ja mugav lahendus arvuti ja roboti omavaheliseks suhtluseks. Roboti liikuvuse tõttu on hea, et robotile uue programmi saatmiseks, ei pea robotit iga kord kaabliga ühendama. Robot võib lõpetada esimese programmi täitmise ühes toa nurgas ning alustada samast punktist järgmise programmi täitmist. WiFi teel saadetakse programm arvutist robotisse ning käivitatakse. WiFi ühendus on piisavalt kiire transportimaks ka suuremaid faile. Kõige kiirem on siiski USB ühendus.

LEGO Mindstorms EV3 WiFi ühenduse miinuseks on selle töökindlus. Nimelt võib tihti esineda ühendumistõrkeid. Harv tõrgete esinemine on tehnikaga tegelemise puhul tavapärane. Probleem tekib siis, kui tõrgete esinemine on sage. Võrreldes EV3 roboti USB ja bluetooth ühendust WiFi ühendusega, on WiFi ühendus neist kõige väiksema töökindlusega. Võrdlustulemusi väljendab järgnev tabel.

	USB	Bluetooth	WiFi
Katsete arv	10	10	10
Tõrgeteta ühendused	10	8	5
Ühendumisel esines tõrge	0	2	5

Tabel 1. EV3 roboti ja arvuti vahelise ühenduse töökindlus.

Katsed viidi läbi kümnel erineval päeval, kasutades viit erinevat arvutit. Iga päev viidi katse läbi kõigi kolme ühendustüübiga, katsetades neid ühel ja samal arvutil. Järgneval päeval kasutati katseks teist arvutit. Ühe arvutiga viidi katse läbi kahel korral.

Tabelist 1 on näha, et tõrgeteta töötas ainult USB ühendus. Kahel korral esines tõrkeid bluetooth ühenduse puhul. Bluetooth ühenduse tõrked olid seotud arvutiprogrammi poolt ühenduse takistamisega. Probleemile leidis lihtne lahendus ja ühendus roboti ja arvuti vahel sai loodud. WiFi ühenduse puhul oli tõrgete esinemine kõige sagedasem - tõrkeid esines viiel korral kümnest. Neist kahel korral oli tõrge robotil WiFi adapteri tuvastamisega. WiFi adapteri tõrke lahenduseks on roboti taaskäivitamine. Kolmel korral esines arvutipoolne tõrge - robotil ei tuvastatud WiFi ühenduse võimalust. Tõrkele lahendust ei leitud.

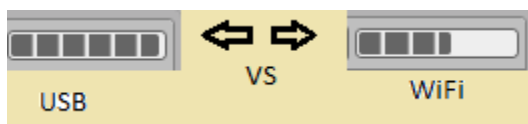
Võimalike tõrgete esinemise tõttu LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamisel, tuleks veenduda, et ühenduse loomiseks oleks tagavaravõimalus - USB või bluetooth ühendus. Tagavaravõimaluse olemasolu on oluline just hetkedel, kus roboti ja arvuti vaheline suhtlus peab kindlasti toimima, näiteks FLL (*FIRST LEGO League*) programmis osalemisel.

Käesolevas punktis uuriti WiFi ühenduvuse plusse ja miinuseid. Järgnevalt uuritakse EV3 WiFi ühenduse energia kasutamist.

3.2 Energia tarbimine EV3 WiFi kasutamisel

Eelnenud punktis jõuti järeldusele, et roboti ja arvuti suhtluseks võiks alati olla ka tagavaravariant. Peale roboti ja arvuti vahelise ühenduse töökindluse on aga oluline märgata ka roboti energiakulu. Lisaseadmete kasutamisel tuleb alati arvestada energiakulu muutumisega. Mida rohkem lisaseadmeid ja lisafunktsioone kasutada, seda suuremaks muutub energiakulu.

LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamise teiseks miinuseks, lisaks eelnenud punktis kirjeldatud tõrgetele, on märgatav energia tarbimise tõus. Järgnevalt on kuvatud patareide täituvuse vahe USB ühenduse puhul ja WiFi ühenduse puhul (vt. joonis 32).



Joonis 32. Energia jääk USB ja WiFi ühenduse korral.

Jooniselt 32 on näha, et patareide täituvus USB ühenduse korral on märgatavalt suurem kui WiFi ühenduse puhul. Selline muutus patareide täituvuse osas toimus kahe minuti jooksul pärast WiFi

ühenduse loomist. Patareide täituvuse kiire languse kuvamine LEGO Mindstorms EV3 tarkvaras ei tähenda, et WiFi ühenduse kasutamisel tühjenevad patareid kuue minutiga. Edasine tühjenemine toimub siiski veidikene aeglasemalt. Küll aga märgib patareide täituvuse järsk muutus energia tarbimise suurt kasvu. Seetõttu peab kasutaja arvestama energiaallika kiirema tühjenemisega kui see on USB ühenduse korral.

Energiaallika kulu jälgimine on oluline olukorras, kus energiaallikat pole võimalik välja vahetada ega taaslaadida. Selliste võimalustega oludes on mõistlik roboti ja arvuti vaheliseks suhtluseks kasutada USB ühendust. USB ühendus on veidi kiirem kui WiFi ühendus ning erinevalt WiFi ühendusest on USB ühenduse energiakulu minimaalne.

Käesolevas punktis uuriti LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamisel tekkivat energiakulu muutumist. Järgnevalt on antud mõningad ülesanded, mida on võimalik lahendada EV3 roboti ja NetGear WiFi adapteriga.

3.3 Ülesanne 1 - WiFi ühenduse testimine roboti ja arvuti vahel

Tase: Väga lihtne

Eesmärk: Tutvuda NetGear WiFi adapteriga ja kontrollida WiFi ühendust EV3 roboti ja arvuti vahel. Õppida kasutama “*LEGO Mindstorms EV3 Home Edition*” tarkvara.

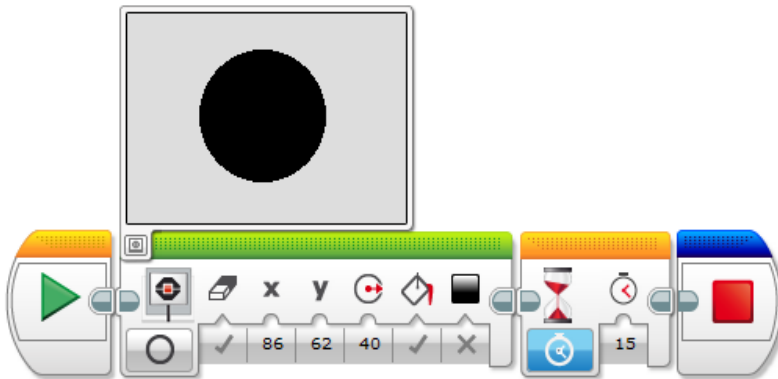
Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- NetGear WNA1100 WiFi adapter
- Tarkvara “*LEGO Mindstorms EV3 Home Edition*”
- Traadita kohtvõrk

Ülesande püstitus: Ühendada EV3 juhtplokk NetGear WNA1100 WiFi adapteri kaudu arvutiga ja kontrollida, kas arvutist on võimalik programm EV3 juhtplokki laadida ning see käivitada.

Lahendus: NetGear WNA 1100 WiFi adapter tuleb ühendada EV3 USB porti ning ühendada traadita kohtvõrguga. Seejärel tuleb arvutis avada LEGO Mindstorms EV3 tarkvara ning valida uue programmi loomine. Avanenud aknas on võimalik robot arvutiga ühendada WiFi kaudu (vt.

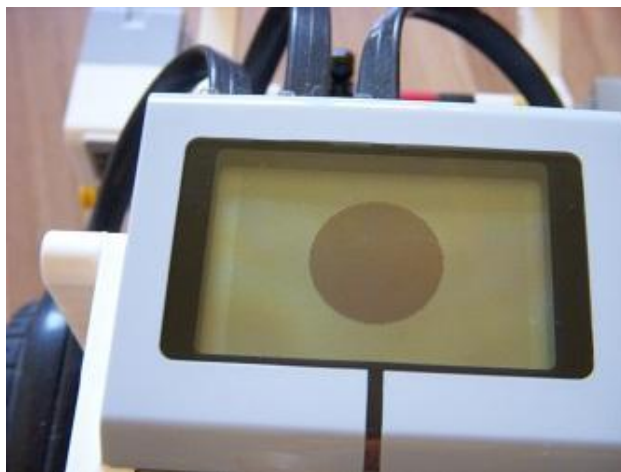
punkti 2.3.2). Järgnevalt tuleks luua lihtne programm, mida oleks võimalik robotisse saata ning käivitada. Selleks sobib näiteks ringi kuvamine ekraanile (vt. joonis 32).



Joonis 32. Ülesanne 1 näidisprogramm.

Ülesanne koosneb neljast plokist: algus -> kuvatav objekt -> aeg -> lõpp. Roboti ekraanile kuvatakse 15 sekundi vältel 40 ühikulise raadiusega musta värvi ring (vt. joonis 32). Kuvatava objekti plokist on võimalik valida ekraani puhastamist, muuta kujutist, muuta kujutise asukohta ja suurust ning muuta värvi (must/valge). Ajaplokist saab muuta objekti kuvamise aega.

Järgmiseks tuleb valminud programm saata WiFi vahendusel EV3 juhtploki ning see käivitada. Selleks tuleb vajutada “*Download and play*” nuppu. Joonisel 26 on see tähistatud numbriga 5. Nupuvajutuse tulemusena kuvatakse EV3 juhtploki ekraanile must ring (vt. joonis 33).



Joonis 33. Esimese ülesande väljund EV3 ekraanile.

Võimalikud probleemid lahendamise ajal:

WiFi ühendus arvuti ja roboti vahel ei toimi:

- Kontrollida, et WiFi adapter on korrektselt robotiga ühendatud.
- Veenduda, et robot ja arvuti on ühendatud samasse traadita kohtvõrku.
- Kontrollida EV3 juhtploki aku mahtu.

Programm laetakse edukalt robotisse ning käivitatakse, kuid ekraanil ei kuvata midagi:

- Kontrollida, et programmis oleks ajaplokis seatud aeg suurem kui 0.

Programmi käivitamisel kuvatakse ringi taga menüüd:

- Kontrollida, et programmis oleks kujutise plokis *“Clear Screen”* ehk *“Puhasta Ekraan”* seatud olekusse *“True”*.

3.4 Ülesanne 2 - Pildi importimine ja kuvamine EV3 ekraanile

Tase: Keerukas

Eesmärk: Tutvuda NetGear WiFi adapteriga ja kontrollida WiFi ühendust pildifaili saatmisel EV3 robotisse. Õppida pildifailide importimist *“LEGO Mindstorms EV3 Home Edition”* tarkvarasse. Õppida kasutama värvisensorit.

Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- NetGear WNA1100 WiFi adapter
- Traadita kohtvõrk
- Tarkvara LEGO Mindstorms EV3 Home Edition
- Värvisensor

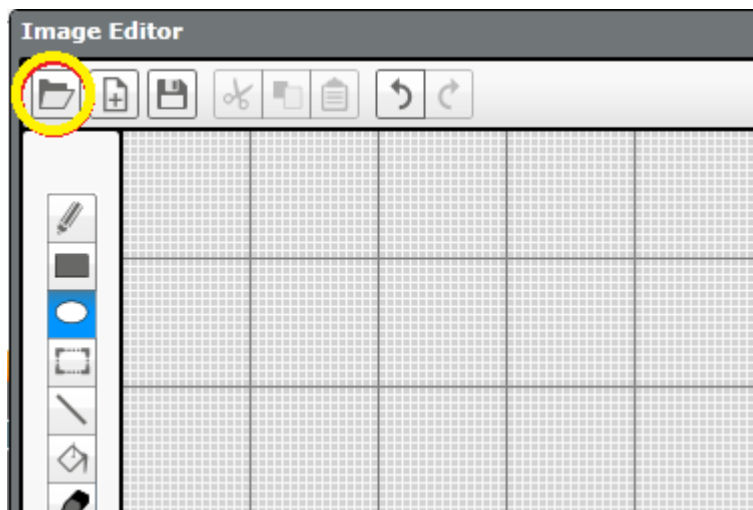
Ülesande püstitus: Ühendada EV3 juhtplokk NetGear WNA1100 WiFi adapteri kaudu arvutiga. Importida pilt EV3 tarkvarasse. Kontrollida WiFi ühenduse vastupidavust suurema programmi ja pildifaili saatmisel EV3 juhtploki.

Lahendus: Avada LEGO Mindstorms EV3 tarkvara ning alustada uue programmi loomist. Alustuseks tuleb projekti importida meelepärase pilt. Näidisprogrammis kasutatakse selleks punamütsikese pilti (vt. joonis 34).



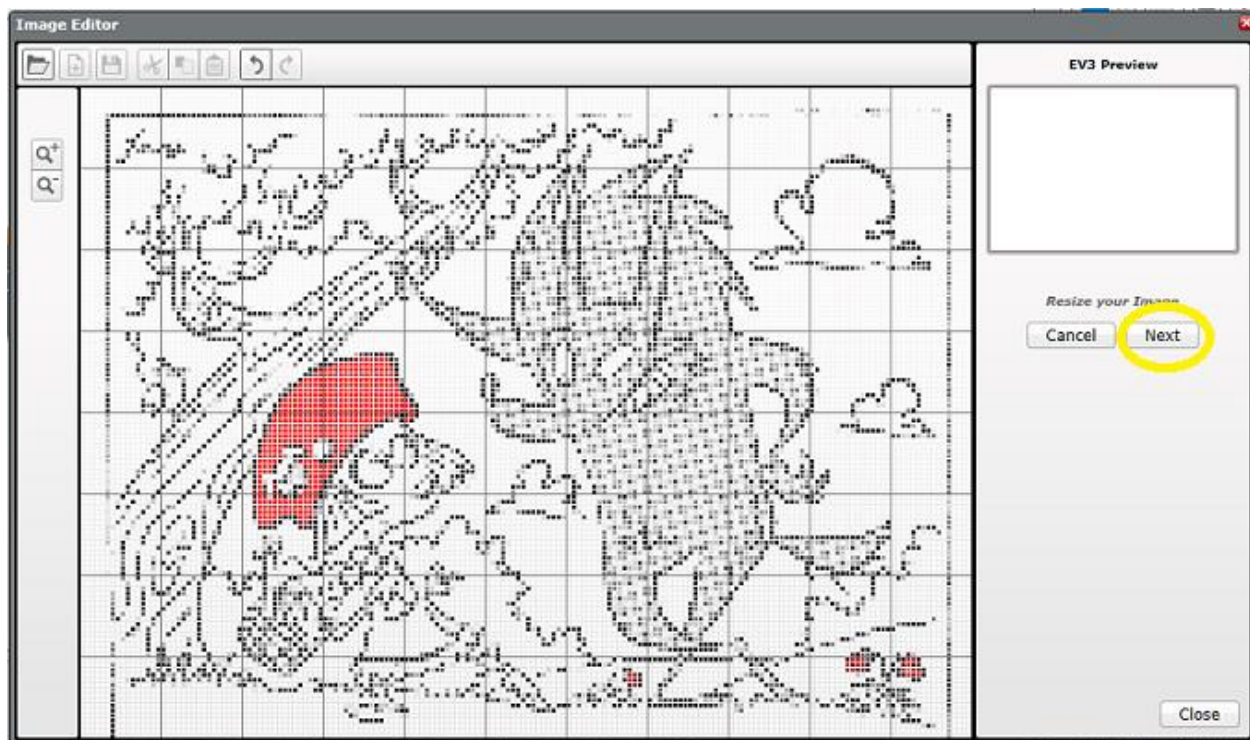
Joonis 34. EV3 tarkvarasse imporditav pilt [\[31\]](#).

Meelepärase pildi laadimiseks EV3 tarkvarasse, tuleb kõige pealt avada “Tools” menüü ja valida “Image Editor”. Avanenud aknas on võimalik pilt joonistada või valmis pilt importida ning seda redigeerida. Siin ülesandes imporditakse EV3 tarkvarasse joonisel 34 kujutatud pilt. Uue pildi laadimiseks tuleb vajutada nuppu “Open” (vt. joonis 35). Avanenud aknas tuleb liikuda kausta, kus pilt asub, ning see avada.



Joonis 35. Pildi importimine.

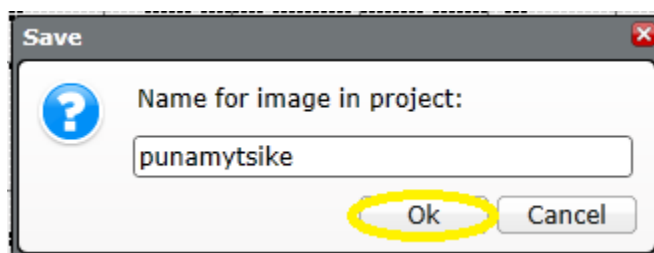
Soovitud pilt joonistub punktidenäe ekraanile. Järgmiseks on vaja pilt sobivasse suurusesse skaleerida. Suuruse muutmine toimub automaatselt, vajutades nuppu “Next” (vt. joonis 36).



Joonis 36. Pildi suuruse muutmine.

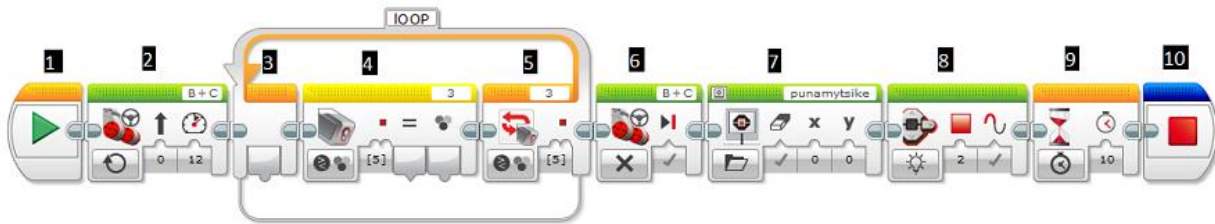
Järgnevalt on võimalik muuta pildi kontrastsust. Selleks on akna vasakus ääres liugnupp “*Adjust Contrast*”. Nupu liigutamisel alla, muutub pilt heledamaks ehk punkte vähendatakse. Nupu liigutamisel ülesse muutub pilt kontrastsemaks ehk punkte lisatakse. Leidnud sobiva kontrastsuse, tuleb taaskord akna paremas ääres vajutada nuppu “*Next*”. Sellega on pildi suuruse ja kontrastsuse muutmine lõppenud.

Edasi on võimalik pilti joonistamisega redigeerida. Selleks on vastavad nupud joonistusakna vasakul äärel. Pildi valmides tuleb see salvestada, vajutades nupule “*Save*”. Avanenud aknasse tuleb kirjutada pildi nimi ja vajutada “*Ok*” (vt. joonis 37). Sellega on pilt projekti imporditud.



Joonis 37. Pildi projekti salvestamine.

Pärast pildi salvestamist võib pildi redigeerimise akna sulgeda ja alustada programmi loomist. Alustuseks peab robot sõitma, kuni värvisensor tuvastab punase värvi. Seejärel robot peatub, kuvab ekraanile pildi ning nupuvalgustus muutub punaseks. Pildi kuvamiseks ekraanile peab kasutama “*Display*” plokki ja valima “*Images*”. Pilt tuleb valida projekti piltide hulgast. Valmis programmi näide on toodud joonisel 38.



Joonis 38. Ülesanne 2 näidisprogramm.

- 1 - programmi algus.
- 2 - mootorite käivitamine.
- 3 - tsükli algus.
- 4 - värvisensori värvide võrdlemine.
- 5 - tsükli lõpp punase värvi leidmisel.
- 6 - mootorite peatamine.
- 7 - pildi ekraanile kuvamine.
- 8 - nupuvalgustuse vilkumine punase tulega.
- 9 - ajalimiit pildi ja nupuvalgustuse jaoks.
- 10 - programmi lõpp.

Järgmiseks tuleb valmis programm EV3 juhtplokki saata. Selleks tuleb roboti ja arvuti vahele luua WiFi ühendus. Pärast WiFi ühenduse loomist on võimalik programm roboti juhtplokki saata ja käivitada. Programmi käivitumine tähistab ideaalset WiFi ühendust EV3 roboti ja arvuti vahel.

Võimalikud probleemid lahendamise ajal:

WiFi ühendus arvuti ja roboti vahel ei toimi:

- Kontrollida, et WiFi adapter on korrektselt robotiga ühendatud.
- Veenduda, et robot ja arvuti on ühendatud samasse traadita kohtvõrku.
- Kontrollida EV3 juhtploki aku mahtu.

Programm laetakse edukalt robotisse ning käivitatakse, kuid pilti ei kuvata ekraanile:

- Kontrollida, et programmis oleks ekraani plokis valitud pildi esitus.
- Kontrollida, et ajaplokis oleks aeg seatud suurem kui 0.

Värvisensor ei tuvasta värvi:

- Veenduda, et sensori plokis on valitud värvide võrdlemine "*Compare*" -> "*Colors*".
- Kontrollida, et värvisensor on paigutatud tsüklisse.

Käesolevas peatükis toodi välja tähelepanekud LEGO Mindstorms EV3 WiFi ühenduvuse ja energiakulu kohta, mis on tekkinud EV3 WiFi kasutamise käigus. Lisaks esitati kaks erineva raskusastmega ülesannet, mida on antud roboti ja WiFi adapteriga võimalik lahendada.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli luua õpetajate ja õpilaste jaoks põhjalik õppematerjal LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamise kohta. Antud robotit on võimalik õpilastel ja õpetajatel kasutada kõikjal ringides ja klassitundides, kus paikneb traadita kohtvõrk.

Antud töö loomisel on järgitud ühtset struktuuri, mida on kasutatud teistes sarnastel teemadel kirjutatud bakalaureusetöödes. Töö koosneb kolmest peatükist. Esimeses osas selgitati olulisemaid WiFi ühendusega seotud mõisteid, tehti ülevaade WiFi kasutusvaldkonna kohta ning toodi näiteid, kuidas turvalist juhtmevaba kohtvõrku luua. Teises peatükis kirjeldati LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamise protsessi. Lisaks tehti ülevaade LEGO Mindstorms EV3 robotist, kahest erinevast WiFi adapterist ning adaptereid tootvatest firmadest. Kolmandas peatükis esitati tähelepanekuid LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamise kohta ja pakuti välja ülesandeid, mida antud roboti ja WiFi adapteriga on võimalik lahendada. Ülesanded on erineva raskusastmega ning järgivad ühtset malli:

- tase;
- eesmärk;
- ülesande täitmiseks vajalikud vahendid;
- ülesande püstitus;
- lahendus;
- võimalikud probleemid lahendamise ajal.

Ülesannete lahendused on põhjalikult selgitatud, et ka õpetaja, kes roboti kasutamist alles alustab, saaks ülesannete lahendamisega hakkama ning seeläbi oskaks neid õpilastele selgitada. Käesolevaid ülesandeid on võimalik muuta keerukamateks, kombineerides neid teiste ülesannetega ning õpilaste ja õpetajate ideedega. Ülesannete lahendamine võimaldab arendada kasutajate teadmisi.

Käesoleva bakalaureusetöö kirjutamine võimaldas autoril koguda teadmisi juhtmevaba ühenduse ning traadita kohtvõrgu loomise valdkonnas, saada lisakogemust LEGO Mindstorms EV3 baaskomplekti ja WiFi adapteri kasutamise osas ning arendada eneseväljendusoskust.

Kasutatud kirjandus

1. Kooliroboti projekt. *WikiRobo*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://www.robootika.ee/index.php/Kooliroboti_projekt
2. 2014. aasta bakalaureuse lõputöö “LEGO Mindstorms NXT”ga ühilduv vedeliku hāgususe mõõtja” *Janar Sell*
3. WiFi. *Vikipeedia, vaba entsüklopeedia*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://et.wikipedia.org/wiki/WiFi>
4. Wi-Fi. *Wikipedia, the free encyclopedia*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
5. Elektri - ja Elektroonikainseneride Instituut. *Vikipeedia, vaba entsüklopeedia*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://et.wikipedia.org/wiki/IEEE>
6. Joonis 1. WiFi Alliance poolt kasutatud WiFi logo. *Wikipedia, the free encyclopedia*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wi-Fi_Logo.svg
7. WiFi kasutamine. *Riigi Infosüsteemi Amet*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<https://www.ria.ee/wifikasutamine>
8. Joonis 2. Traadita Interneti leviala mārgistus Eestis. *postimees.ee*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://f.pmo.ee/f/2008/07/01/53339t81h0d33.jpg>
9. WiFi leviala. *WIFI.ee*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.wifi.ee/>
10. Joonis 3. WiFi’t kasutavad seadmed majapidamises. *Country Mile WiFi*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.countrymilewifi.com/Images/How%20to%20WiFi.jpg>
11. Joonis 4. Tavapārane kodune WiFi võrgu ehitus: Internet - modem - ruuter - WiFi - WiFi’t kasutav arvuti. *Country Mile WiFi*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.countrymilewifi.com/Images/WiFi%20modem%20router%20etc.jpg>

12. Joonis 5. Elioni Internetiühenduse ja nutiTV ühine Ruuter Inteno DG301. *Elioni e-pood*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
https://pood.elion.ee/pictures/99915_16/400x400/Inteno%20ruuter%20DG301%20k%C3%BCljelt.jpg
13. Joonis 6. Nutitelefon jagab oma mobiilset Interneti tekitades WiFi leviala, mida saavad kasutada teised seadmed. *xda-developers*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://cdn-www.xda-developers.com/wp-content/uploads/2012/11/WiFiTether.jpg>
14. Joonis 7. Turvamata WiFi võrgul on oht sattuda pahategijate ohvriks. *AL Masa for Trading & Agencies*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://almasa-eg.com/images/WiFi3.jpg>
15. Kaheksa näpunäidet koduse wifi-võrgu turvalisuse tõstmiseks. *Hanno Liiva (29.07.11) Starman*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.starman.ee/meediablogi/kaheksa-napunaidet-koduse-wifi-vorgu-turvalisuse-tostmiseks>
16. Turvaline WiFi. *Aare Kirna (18.12.06) Arvutikaitse* (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.arvutikaitse.ee/turvaline-wifi/>
17. Thomson SpeedTouch 780 WL Turvamine. *Traadita WIKI by Jan & Co*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://wiki.wifi.ee/index.php/Thomson_SpeedTouch_780_WL_Turvamine
18. Joonis 8. WiFi sisse-välja lülitamisnupp. *Technology Support*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.tecsupp.com/wp-content/uploads/2011/01/wifi-switch.jpg>
19. LEGO Mindstorms EV3. *Vikipeedia, vaba entsüklopeedia*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://et.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms_EV3
20. Joonis 9. EV3 juhtplokk. *TechnicBRICKs*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://storage.technicbricks.com/Media/2013/TBs_20130107_1/TBs_20130107_1a.jpg
21. Frequently Asked Questions. *LEGO.com*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.lego.com/en-us/mindstorms/support/faq>
22. EV3 Compatible WiFi Dongles. *LEGO Mindstorms EV3*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.legomindstormsev3.com/ev3-hardware/ev3-networking/connect-ev3-wifi>

23. Edimax Profile. *EDIMAX Technology*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://www.edimax.com/en/about_edimax.php?c_id=1
24. Worldwide Contact. *EDIMAX Technology*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://www.edimax.com/en/about_edimax.php?c_id=2
25. Edimax EW-7811UN. *EDIMAX Technology*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://www.edimax.com/en/produce_detail.php?pd_id=347&pl1_id=1#03
26. Contact Us. *NETGEAR*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.netgear.com/home/contact-us/#tab-emea>
27. Joonis 16. WiFi adapter NetGear WNA1100. *NETGEAR*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.netgear.co.uk/images/Products/Networking/WirelessAdapters/WNA1100/header-wna1100-3-4rt-photo-large.png>
28. Joonis 17. NetGear WNA1100 WiFi adapter koos alusega. *NETGEAR*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.netgear.com/images/Products/Networking/WirelessAdapters/WNA1100/header-wna1100-3-4lft-wcradle-photo-large.png>
29. Tech Specs. *NETGEAR*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.netgear.com/home/products/networking/wifi-adapters/WNA1100.aspx#tab-techspecs>
30. EV3 Software download. *LEGO.com*. (Viimati vaadatud 11.05.14.)
<http://www.lego.com/en-us/mindstorms/downloads/software/ddsoftwaredownload/>
31. Joonis 34. EV3 tarkvarasse imporditav pilt. *pikseldused.blogspot.com* (Viimati vaadatud 11.05.14.)
http://3.bp.blogspot.com/-eP2wJh5u7B0/TsMnNFKFZ_I/AAAAAAAAAGHA/aOsZ1ZKU0_o/s400/V%25C3%25A4rviraamat%2B-%2BPunam%25C3%25BCtsike%2BII%2Bcolor%2B1000.gif

Lisad

Lisa 1. Näidisülesannete lahenduste failid.

Tabelis 3 on toodud kolmandas peatükis esitatud ülesannete lahenduste failid.

Faili nimi	Selgitus
Ylesanne1.ev3	Esimese ülesande lahenduse programm.
Ylesanne2.ev3	Teise ülesande lahenduse programm.

Tabel 1. Näidisülesannete lahenduste failid.

Lisa 2. Litsents.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.

Mina Marjo Toomik

(sünnikuupäev: 16.03.1991)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose “LEGO Mindstorms EV3 WiFi kasutamine”, mille juhendajad on Anne VILLEMS ja Taavi DUVIN,

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **11.05.2014**